TL594 脉宽调制控制电路

1 特性

- 完整的 PWM 电源控制电路
- 200mA 灌电流或源电流的非限定输出
- 输出控制选择单端或推挽模式
- 内部电路禁止在任一输出端出现双脉冲
- 可变死区时间可在整个范围内提供控制
- 内部稳压器提供稳定的 5V 基准电源，该基准电源电压修整为 1%
- 电路架构允许轻松同步
- 欠压锁定 (UVLO) (适用于低 V_{CC} 情况)

2 应用

- 白色家电
- 电源：AC/DC、隔离式、采用 PFC、大于 90W
- 服务器 PSU
- 光伏微型逆变器
- 电源：AC/DC、隔离式、无 PFC、小于 90W
- 电源：电信/服务器交流/直流电源
- 光伏电源逆变器

3 说明

TL594 器件在一个芯片上集成了构建脉宽调制 (PWM) 控制电路所需的所有功能。该器件主要设计用于电源控制，可让系工程师灵活地根据具体应用来定制电源控制电路。

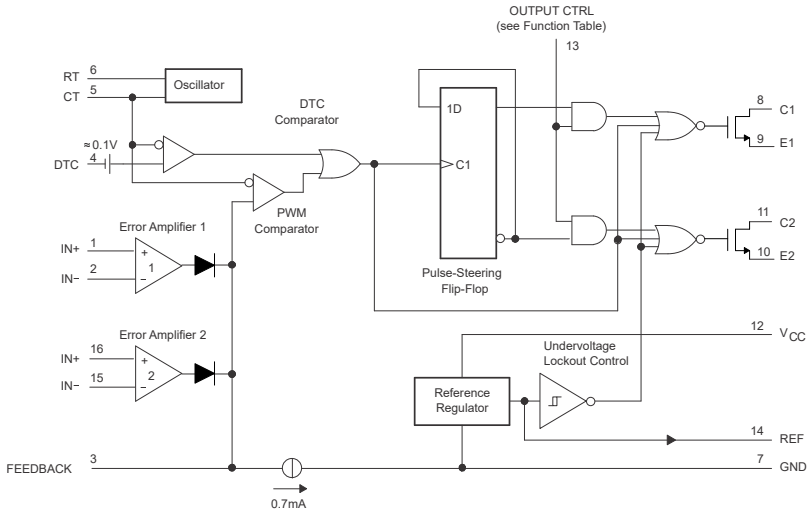
TL594 器件包含两个误差放大器、一个片上可调节振荡器、一个死区时间控制 (DTC) 比较器、一个脉冲转向控制触发器、一个 5V、1% 精度的稳压器、一个欠压锁定控制电路以及一些输出控制电路。

非限定的输出晶体管提供共源或源极跟随器输出能力。各器件均提供推挽或单端输出模式，可通过输出控制功能进行选择。这些器件的架构杜绝了在推挽工作模式期间让任一个输出发生两次脉冲的可能性。欠压锁定控制电路会锁定输出，直到内部电路正常工作。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
TL594D	SOIC (16)	9.90mm × 3.91mm
TL594NS	SO (16)	10.30mm × 5.30mm
TL594PW	TSSOP (16)	5.00mm × 4.40mm

(1) 有关更多信息，请参阅 节 11。
(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



有关输出控制功能，请参阅 表 7-1。

方框图

内容

1 特性.....1
2 应用.....1
3 说明.....1
4 引脚配置和功能.....3
5 规格.....4
5.1 绝对最大额定值.....4
5.2 ESD 等级.....4
5.3 建议运行条件.....4
5.4 热性能信息.....4
5.5 电气特性.....5
5.6 开关特性.....6
5.7 典型特性.....6
6 参数测量信息.....7
7 详细说明.....9
7.1 概述.....9
7.2 功能方框图.....9
7.3 特性说明.....9
7.4 器件功能模式.....11
8 应用和实施.....12
8.1 应用信息.....12
8.2 典型应用.....12
8.3 电源相关建议.....18
8.4 布局.....18
9 器件和文档支持.....20
9.1 文档支持.....20
9.2 接收文档更新通知.....20
9.3 支持资源.....20
9.4 商标.....20
9.5 静电放电警告.....20
9.6 术语表.....20
10 修订历史记录.....20
11 机械、封装和可订购信息.....21

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

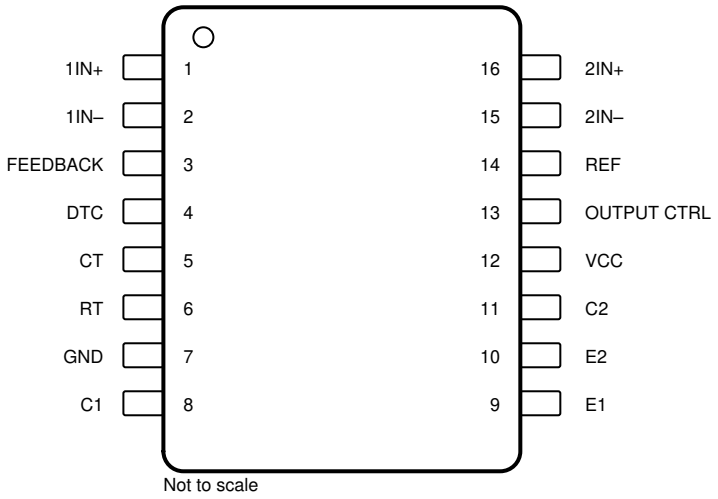


图 4-1. D、NS 或 PW 封装 16 引脚 SOIC、SO 或 TSSOP 顶视图

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型(1)	说明
名称	编号		
1IN –	2	I	误差放大器 1 的反相输入
1IN+	1	I	误差放大器 1 的非反相输入
2IN –	15	I	误差放大器 2 的反相输入
2IN+	16	I	误差放大器 2 的非反相输入
C1	8	O	MOSFET 输出 1 的漏极端子
C2	11	O	MOSFET 输出 2 的漏极端子
CT	5	—	用于设置振荡器频率的电容器端子
DTC	4	I	死区时间控制比较器输入
E1	9	O	MOSFET 输出 1 的源极端子
E2	10	O	MOSFET 输出 2 的源极端子
反馈	3	I	反馈输入引脚
GND	7	—	接地
OUTPUT CTRL	13	I	选择单端、并行输出或推挽模式
REF	14	O	5V 基准稳压器输出
RT	6	—	用于设置振荡器频率的电阻端子
V_{CC}	12	—	正电源

(1) I = 输入，O = 输出

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

	最小值	最大值	单位
电源电压，V_{CC}(2)		41	V
放大器输入电压		V_{CC} + 0.3	V
集电极输出电压		41	V
集电极输出电流		250	mA
工作结温，T_J		150	°C
存储温度，T_{stg}	-65	150	°C

(1) 超出*绝对最大额定值*运行可能会对器件造成永久损坏。*绝对最大额定值*并不表示器件在这些条件下或在*建议运行条件*以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出*建议运行条件*但在*绝对最大额定值*范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
(2) 除差分电压外的所有电压值都是相对于网络接地终端而言的。

5.2 ESD 等级

		值	单位
$V_{(ESD)}$ 静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准(1)	1000	V
	充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101(2)	1000	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

5.3 建议运行条件

			最小值	最大值	单位
V_{CC}	电源电压		7	40	V
V_I	放大器输入电压		-0.3	V_{CC} – 2	V
V_O	集电极输出电压			40	V
	集电极输出电流（每个晶体管）			200	mA
	进入反馈端子的电流			0.3	mA
C_T	计时电容器		0.47	10000	nF
R_T	计时电阻器		1.8	500	kΩ
f_{osc}	振荡器频率		1	300	kHz
T_A	自然通风条件下的工作温度	TL594C	0	70	°C
		TL594I	-40	85	

5.4 热性能信息

热指标(1)		TL594			单位
		D (SOIC)	NS (SO)	PW (TSSOP)	
		16 引脚	16 引脚	16 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	88.0	95.3	114.0	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	51.4	56.8	53.2	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	50.6	62.0	71.8	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	14.5	19.6	7.3	°C/W

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

热指标(1)	TL594			单位
	D (SOIC)	NS (SO)	PW (TSSOP)	
	16 引脚	16 引脚	16 引脚	
ψ_{JB} 结至电路板特征参数	50.1	61.3	71.2	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热指标*应用手册。

5.5 电气特性

V_{CC} = 15V，在自然通风条件下的建议运行温度范围内测得（除非另有说明）

参数	测试条件(1)	最小值	典型值(2)	最大值	单位
基准					
输出电压 (REF)	I_O = 1mA，T_A = 25℃	4.95	5	5.05	V
输入调节	V_{CC} = 7V 至 40V，T_A = 25°C		2	25	mV
输出调节	I_O = 1mA 至 10mA，T_A = 25°C		6	35	mV
输出电压随温度的变化	ΔT_A = 最小值至最大值		2	10	mV/V
短路输出电流(3)	V_{ref} = 0	10	35	50	mA
放大器（请参阅 图 6-1）					
输入失调电压，误差放大器	FEEDBACK = 2.5V		2	10	mV
输入偏移电流	FEEDBACK = 2.5V		25	250	nA
输入偏置电流	FEEDBACK = 2.5V		0.2	1	μA
共模输入电压，误差放大器	V_{CC} = 7V 至 40V	0.3 至 V_{CC} – 2			V
开环电压放大，误差放大器	ΔV_O =3V，R_L = 2kΩ，V_O = 0.5V 至 3.5V	70	80		dB
单位增益带宽	V_O = 0.5V 至 3.5V，R_L = 2kΩ		800		kHz
共模抑制比，误差放大器	V_{CC} = 40V，T_A = 25°C	65	100		dB
输出灌电流，FEEDBACK	V_{ID} = –15mV 至 –5V，FEEDBACK = 0.5V	0.3	0.7		mA
输出拉电流，FEEDBACK	V_{ID} = 15mV 至 5V，FEEDBACK = 3.5V	-2			mA
振荡器，C_T = 0.01μF，R_T = 12kΩ（请参阅 图 6-2）					
频率			10		kHz
频率的标准差(4)	所有 V_{CC}、C_T、R_T 和 T_A 常数值		100		Hz/kHz
频率随电压的变化	V_{CC} = 7V 至 40V，T_A = 25°C		1		Hz/kHz
频率随温度的变化(5)	ΔT_A = 最小值至最大值			50	Hz/kHz
死区时间控制（请参阅 图 6-2）					
输入偏置电流	V_I = 0 至 5.25V		-0.006	-10	μA
最大占空比，每个输出	DTC = 0V	0.45			
输入阈值电压	零占空比		2.5	3.3	V
	最大占空比	0			
输出					
C1、C2 关断状态电流	V_C = 40V，V_E = 0V，V_{CC} = 40V		4	100	μA
	DTC 和输出控制 = 0V，V_C = 15V，V_E = 0V，V_{CC} = 1V 至 3V		2	200	
E1、E2 关断状态电流	V_{CC} = V_C = 40V，V_E = 0			-100	μA
C1E1、C2E2 饱和电压	共源极，V_E = 0，I_C = 200mA		0.5	1.3	V
	源极跟随器，V_C = 15V，I_E = –200mA		1.65	2.5	
输出控制输入电流	V_I = V_{ref}			3.5	mA
PWM 比较器（请参阅 图 6-2）					

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

V_{CC} = 15V，在自然通风条件下的建议运行温度范围内测得（除非另有说明）

参数	测试条件(1)		最小值	典型值(2)	最大值	单位
输入阈值电压，FEEDBACK	零占空比			3.4	4.5	V
输入灌电流，FEEDBACK	FEEDBACK = 0.5V		0.3	0.7		mA
欠压锁定（请参阅 图 6-2）						
阈值电压	T_A = 25°C				6	V
	ΔT_A = 最小值至最大值		3.5		6.9	
迟滞(6)			100			mV
总体器件						
待机电源电流	R_T 处于 V_{ref}，所有其他输入和输出均为开路	V_{CC} = 15V		1.62	15	mA
		V_{CC} = 40V		1.68	18	
平均电源电流	DTC = 2V，请参阅图 6-2			2.2		mA

(1) 对于显示为“最小值”或“最大值”的条件，请使用在建议运行条件下指定的相应值。
(2) 除参数随温度的变化外，所有典型值均为 T_A = 25°C 时测得的值。
(3) 短路持续时间不得超过一秒。
(4) 标准差可以衡量关于平均值的统计分布情况，由以下公式得出：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{N}[x_n - \bar{X}]^2}{N-1}} \quad (1)$$

(5) 不考虑计时电容器和计时电阻器的温度系数。
(6) 迟滞是正向输入阈值电压和负向输入阈值电压之间的差值。

5.6 开关特性

V_{CC} = 15V、T_A = 25°C，在建议工作条件下测得（除非另有说明）

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输出电压上升时间	共源极配置（请参阅 图 6-3）		70	200	ns
输出电压下降时间	共源极配置（请参阅 图 6-3）		20	100	ns
输出电压上升时间	源极跟随器配置（请参阅 图 6-4）		85	400	ns
输出电压下降时间	源极跟随器配置（请参阅 图 6-4）		35	100	ns

5.7 典型特性

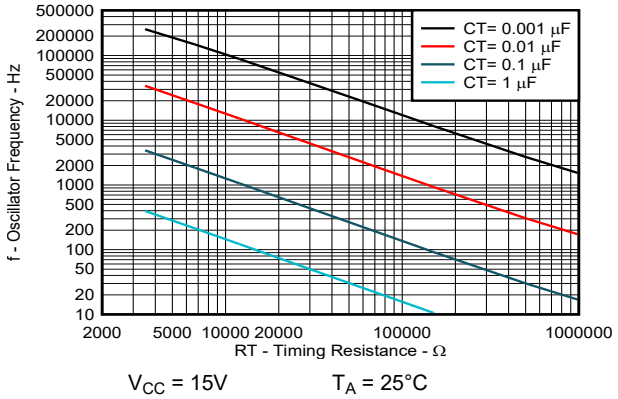


图 5-1. 振荡器频率与时序电阻之间的关系

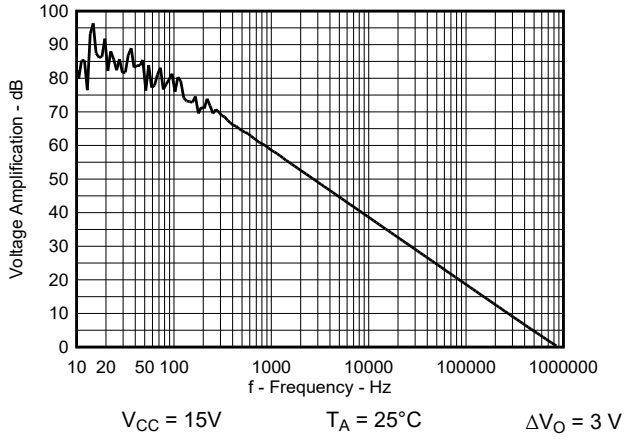


图 5-2. 放大器电压放大倍数与频率间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 参数测量信息

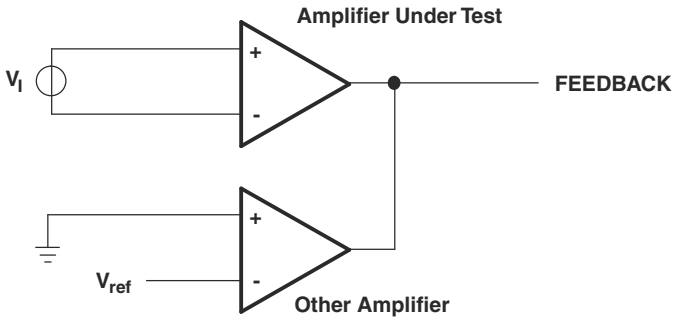


图 6-1. 放大器特性测试电路

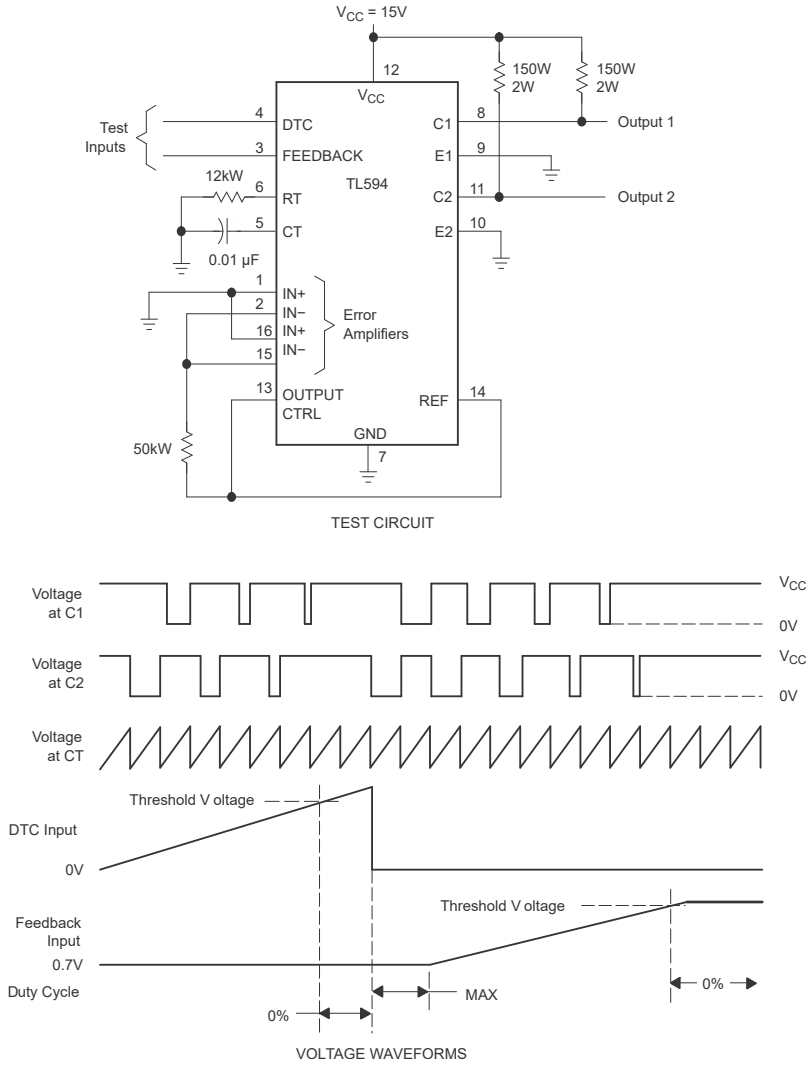


图 6-2. 运行测试电路和波形

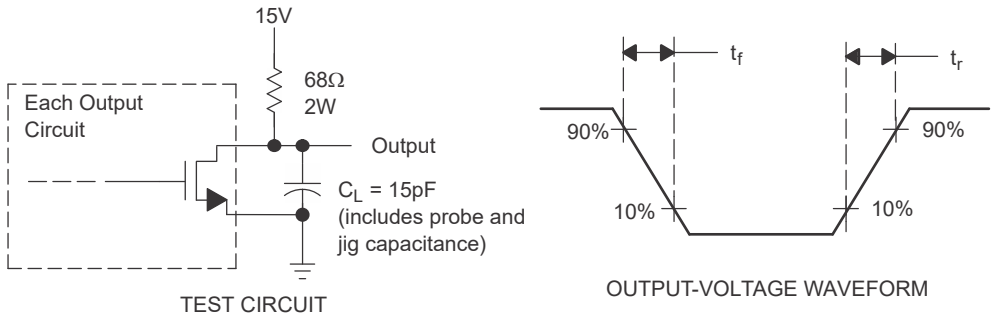


图 6-3. 共发射极配置

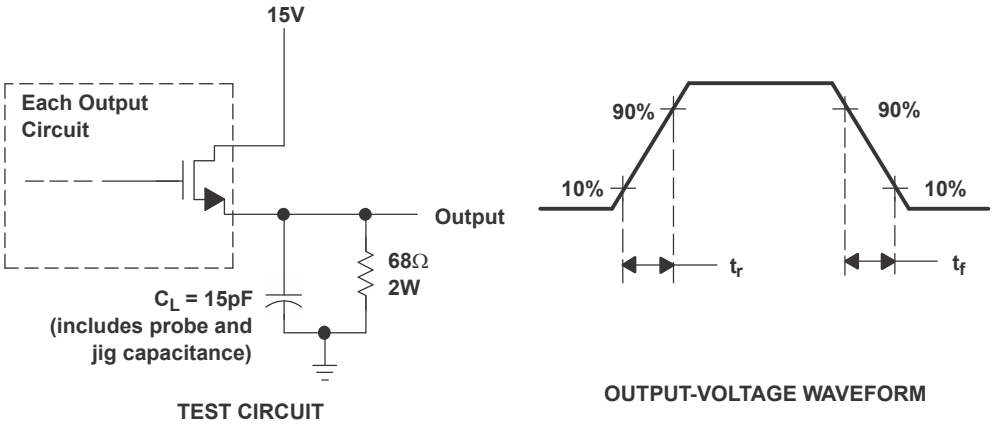


图 6-4. 发射极跟随器配置

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

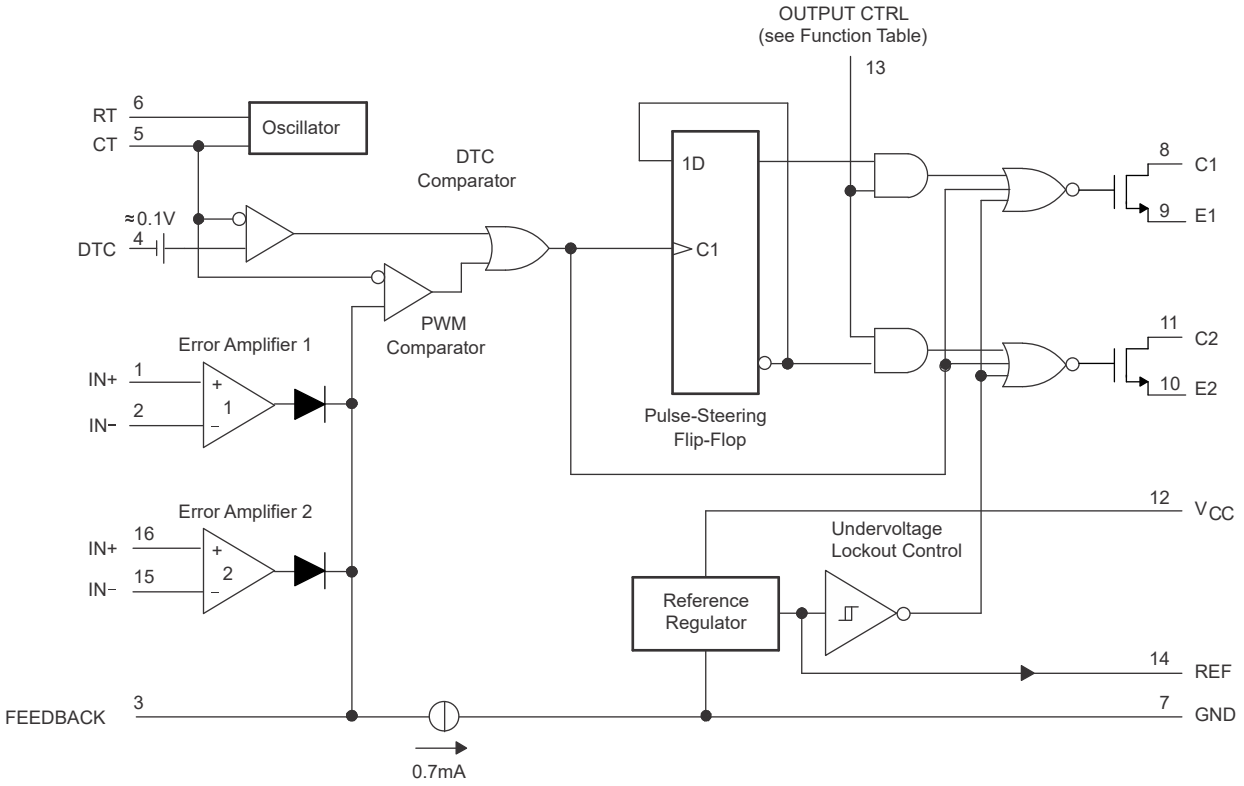
7 详细说明

7.1 概述

TL594 的设计包含了控制开关电源所需的主要构成模块，还可以解决许多基本问题并减少整个设计中所需的额外电路数量。TL594 是一种固定频率的脉宽调制 (PWM) 控制电路。输出脉冲的调制方法是将计时电容器 (CT) 上的内部振荡器产生的锯齿波形与两个控制信号中的任一个信号进行比较。当锯齿电压大于电压控制信号时，输出级将启用。随着控制信号的增加，锯齿输入处于较大状态的时间减少；因此，输出脉冲持续时间缩短。一个脉冲转向触发器会交替地将调制的脉冲引导至两个输出晶体管中的每一个。

误差放大器的共模电压范围为 –0.3V 至 V_{CC} – 2V。DTC 比较器具有固定失调电压，可提供大约 5% 的死区时间。片上振荡器可以通过将 RT 端接到基准输出端并为 CT 提供锯齿输入来旁路掉，或者使用片上振荡器来驱动同步多轨电源中的公共电路。有关 TL594 工作原理的更多信息，请参阅*使用 TL494 设计开关电压调节器*。

7.2 功能方框图



有关输出控制功能，请参阅 表 7-1。

7.3 特性说明

7.3.1 5V 基准稳压器

TL594 内部 5V 基准稳压器输出端为 REF 引脚。除了提供稳定的基准之外，还充当前置稳压器，并建立稳定的电源，为输出控制逻辑、脉冲转向触发器、振荡器、死区时间控制比较器和 PWM 比较器供电。该稳压器采用带隙电路作为其主要基准，可在 0°C 至 70°C 的自然通风工作温度范围内保持热稳定性（变化小于 100mV）。短路保护功能可以保护内部基准和前置稳压器；10mA 的负载电流可用于附加偏置电路。该基准内部编程为 ±1% 的初始精度，并在 7V 至 40V 的输入电压范围内保持变化小于 25mV 的稳定性。对于低于 7V 的输入电压，稳压器输出保持为 0V，直到内部基准达到有效电平，然后转换为 5V，从而产生更确定的启动行为，如 图 8-9 所示。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.3.2 欠压锁定

TL594 具有用于提供欠压锁定功能的电路。建议运行时 V_{CC} 最小电压为 7V，但如果运行期间 V_{CC} 电压降至 6V 以下，则器件会关断。有关欠压锁定电路的更多信息，请参阅 *电气特性*。

7.3.3 振荡器

振荡器为死区时间和 PWM 比较器提供正锯齿波形，以便与各种控制信号进行比较。

选择计时分量 R_T 和 C_T 来设定振荡器的频率。振荡器以恒定电流为外部计时电容器 C_T 充电。外部计时电阻器 R_T 决定了恒定电流的值并产生线性斜坡电压波形。当 C_T 上的电压达到 3V 时，振荡器电路会将其放电，并重新开始充电周期。方程式 2 决定充电电流。

$$I_{CHARGE} = \frac{3V}{R_T} \tag{2}$$

锯齿波形的周期为 方程式 3。

$$T = \frac{3V \times C_T}{I_{CHARGE}} \tag{3}$$

振荡器的频率变为 方程式 4。

$$f_{OSC} = \frac{1}{R_T \times C_T} \tag{4}$$

但是，振荡器频率仅在单端应用中等于输出频率。对于推挽应用，输出频率是振荡器频率的二分之一。

使用 方程式 5 计算单端应用。

$$f = \frac{1}{R_T \times C_T} \tag{5}$$

使用 方程式 6 计算推挽应用。

$$f = \frac{1}{2R_T \times C_T} \tag{6}$$

7.3.4 死区时间控制

死区时间控制输入可提供对最小死区时间（关断时间）的控制。当输入电压大于振荡器的斜坡电压时，比较器的输出将禁止开关晶体管 Q1 和 Q2。110mV 的内部失调电压可确保在死区时间控制输入端接地时的最小死区时间约为 3%。向死区时间控制输入端施加电压会增加死区时间。因此，当输入电压从 0V 变化到 3.3V 时，可对死区时间（分别对应最小值 3% 到 100%）进行线性控制。借助全范围控制能力，外部源可控制输出，而不会中断误差放大器。死区时间控制输入是一个相对高阻抗的输入 (I_I < 10 μA)，必须在需要对输出占空比进行额外控制的情况下使用。但是，为了进行正确控制，必须终止输入。开路是一种未定义的条件。

7.3.5 比较器

比较器从 5V 基准稳压器进行偏置，并与输入电源隔离以提高稳定性。比较器的输入没有迟滞现象，因此必须防止阈值附近的误触发。比较器从任一控制信号输入到输出晶体管的响应时间为 400ns，过驱只有 100mV。这样可在半个周期内对输出进行正向控制，从而在建议的 300kHz 范围内运行。

7.3.6 脉宽调制 (PWM)

比较器还提供对输出脉冲持续时间的调制控制。为此，要将计时电容器 C_T 上的斜坡电压与误差放大器输出端的控制信号进行比较。计时电容器输入端包含一个串联二极管，但控制信号输入端省略了该二极管。这就要求控制信号（误差放大器输出）比 C_T 上的电压高约 0.7V 以禁止输出逻辑，并指定以最大占空比运行，而无需控制电压降

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

至真正的接地电位。随着误差放大器输出端的电压从 0.5V 变化到 3.5V，输出脉冲持续时间分别从周期的 97% 变化到 0。

7.3.7 误差放大器

两个高增益误差放大器都从 V_I 电源轨接收偏置。这样可让共模输入电压处于 –0.3V 至 2V 范围内，低于 V_I。两个放大器都具有单端单电源放大器的特性：每个输出仅高电平有效。因此，每个放大器可独立上拉以降低输出脉冲宽度需求。当两个输出在 PWM 比较器的反相输入节点上进行“或”运算时，需要最小脉冲输出的放大器将占主导地位。放大器输出由电流接收器偏置为低电平，以便在两个放大器都偏置为关断时提供最大脉冲持续时间输出。

7.3.8 输出控制输入

输出控制输入决定了输出晶体管是以并行模式还是推挽式模式运行。此输入是脉冲转向触发器的电源。输出控制输入是异步的，可以直接控制输出，与振荡器或脉冲转向触发器无关。根据设计，输入条件是由应用定义的固定条件。在并行模式下，请将输出控制输入接地。这样做将禁用脉冲转向触发器并禁止输出。在此模式下，两个并联的输出晶体管都会发送在死区时间控制或 PWM 比较器输出端看到的脉冲。在推挽模式下，请将输出控制输入连接到内部 5V 基准稳压器。在这种情况下，每个输出晶体管由脉冲转向触发器进行交替启用。

7.3.9 输出晶体管

TL594 上有两个输出晶体管。两个晶体管的配置均为开漏/开源，每个晶体管的灌电流或拉电流可高达 200mA。这些晶体管的饱和电压在共源极配置中小于 1.3V，在源极跟随器配置中小于 2.5V。输出具有可防止损坏的过度功耗保护功能，并可对电流提供足够限制，以用作电流源输出。

7.4 器件功能模式

当 OUTPUT CTRL 引脚连接到接地端时，TL594 以单端或并行模式运行。当 OUTPUT CTRL 引脚连接到 V_{REF} 时，TL594 以正常的推挽模式运行（请参阅 表 7-1）。

表 7-1. 功能表

输入 OUTPUT CTRL	输出功能
V_I = 0	单端或并行输出
V_I = V_{ref}	正常推挽操作

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客 户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

8.1 应用信息

TL594 器件包含一个可调节振荡器、一个死区时间控制比较器、一个脉冲转向触发器、两个误差放大器和一个 5V 稳压器。将 TL594 器件用于各种频率范围为 1Hz 至 300kHz 的开关转换器应用，其中振荡频率由 RT 和 CT 值设置。有关使用 TL594 设计开关电压调节器的更多信息，请参阅*使用 TL494 设计开关电压调节器*。

8.2 典型应用

该设计示例使用 TL594 来创建 5V/10A 电源。此应用来自*使用 TL494 设计开关电压调节器*。

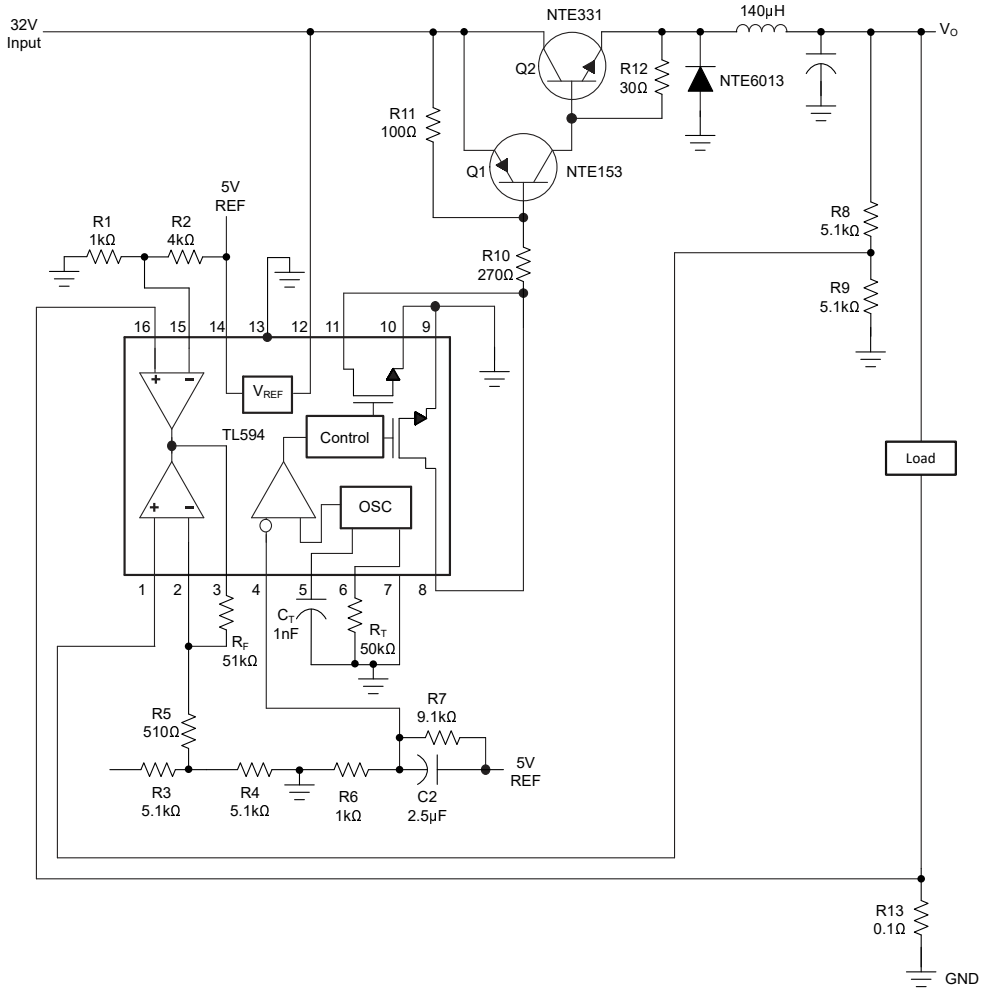


图 8-1. 32V 至 5V、10A 电源应用

8.2.1 设计要求

- V_I = 32V
- V_O = 5V
- I_O = 10A

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- f_{OSC} = 20kHz 开关频率
- V_R = 20mV 峰-峰值 (V_{RIPPLE})
- ΔI_L = 1.5A 电感器电流变化

8.2.2 详细设计过程

8.2.2.1 输入电源

此电源的 32V 直流电源使用额定功率为 75VA 的 120V 输入、24V 输出变压器。24V 次级绕组依次向一个全波桥式整流器、一个限流电阻器 (0.3Ω) 和两个滤波电容器供电（请参阅 图 8-2）。

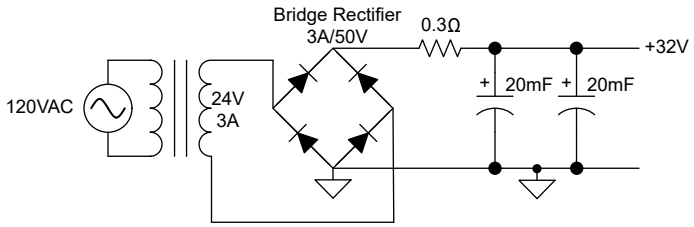


图 8-2. 输入电源

按 方程式 7 和 方程式 8 计算输出电压和电流。

$$V_{RECTIFIER} = V_{SECONDARY} \times \sqrt{2} = 24V \times \sqrt{2} = 34V \quad (7)$$

$$I_{RECTIFIER[AVG]} \cong \frac{V_O}{V_I} \times I_O \cong \frac{5V}{32V} \times 10A = 1.6A \quad (8)$$

3A/50V 全波桥式整流器满足这些计算条件。图 8-1 所示为开关和控制部分。

8.2.2.2 控制电路

8.2.2.2.1 振荡器

将外部电容器和电阻器连接到引脚 5 和 6 可控制 TL594 振荡器频率。振荡器设置为在 20kHz 下运行，并会使用由 方程式 4 和 方程式 9 计算出的元件值。

选择 C_T = 0.001 µF 并按 方程式 9 计算 R_T。

$$R_T = \frac{1}{f_{OSC} \times C_T} = \frac{1}{\left[20 \times 10^3\right] \times \left[0.001 \times 10^{-6}\right]} = 50k\Omega \quad (9)$$

8.2.2.2.2 误差放大器

误差放大器将 5V 输出的样本与基准进行比较，并调节 PWM 以保持恒定的输出电流（请参阅 图 8-3）。

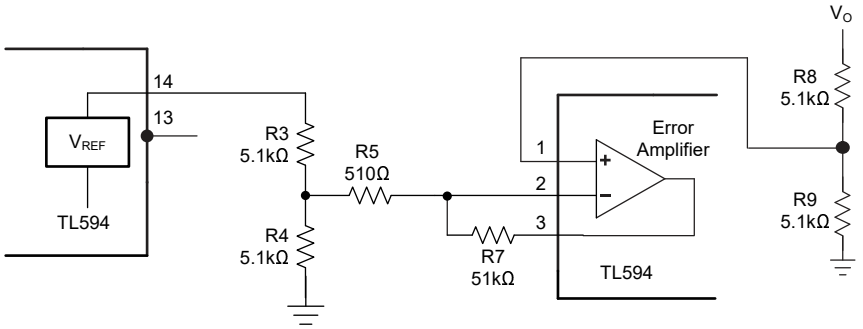


图 8-3. 误差放大器部分

TL594 内部 5V 基准电压由 R3 和 R4 分压为 2.5V。输出电压误差信号也由 R8 和 R9 分压为 2.5V。如果将输出精确调节到 5V，请使用 10kΩ 电位器代替 R8 进行调节。

为了增加误差放大器电路的稳定性，误差放大器的输出通过 R_T 反馈到反相输入端，从而将增益降低到 101。

8.2.2.2.3 限流放大器

该电源被设计为具有 10A 负载电流和 1.5A 的 I_L 摆幅，因此，请按 方程式 10 计算短路电流。

$$I_{SC} = I_O + \frac{I_L}{2} = 10.75A \tag{10}$$

图 8-4 展示了电流限制电路。

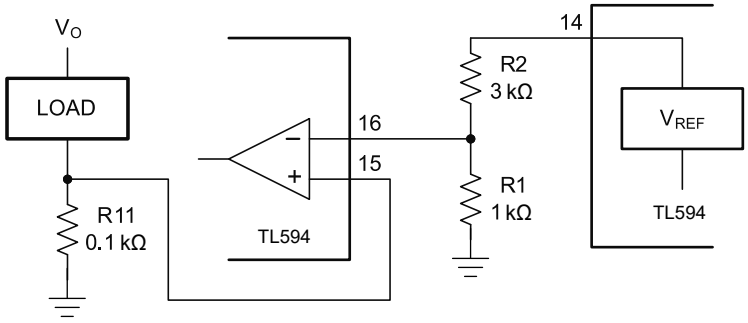


图 8-4. 限流电路

电阻 R1 和 R2 在限流放大器的反相输入端设置大约 1V 的基准电压。电阻 R13 与负载串联，当负载电流达到 10A 时，会给限流放大器的非反相端子施加 1V 电压。输出脉冲持续时间会相应减小。按 方程式 11 计算 R13 的值。

$$R13 = \frac{1V}{10A} = 0.1\Omega \tag{11}$$

8.2.2.2.4 软启动

为了减轻启动时开关晶体管上的应力，请降低输出滤波电容器充电时出现的启动浪涌。由于可以进行死区时间控制，软启动电路的实现相对简单（请参阅图 8-5）。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

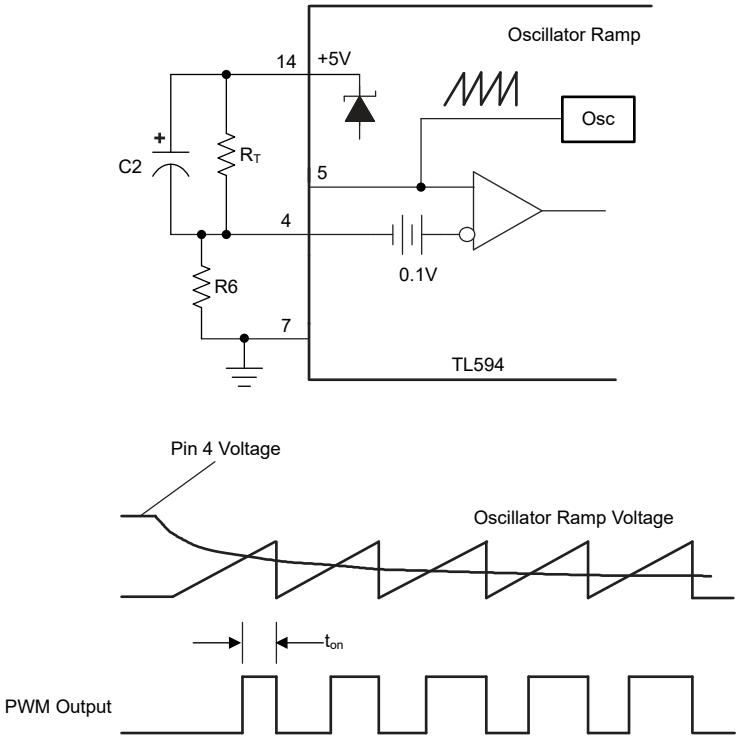


图 8-5. 软启动电路

软启动电路通过将负斜率波形施加到死区时间控制输入端（引脚 4），可让输出端的脉冲持续时间缓慢增加（请参阅图 8-5）。

最初，电容器 C2 强制死区时间控制输入跟随 5V 稳压器，从而禁用输出（100% 死区时间）。随着电容器通过 R6 进行充电，输出脉冲持续时间会缓慢增加，直到控制环路接受指令为止。当 R6 和 R7 的电阻比为 1:10 时，启动后引脚 4 的电压为 0.1 × 5V，即 0.5V。

软启动时间通常在 25 到 100 个时钟周期的范围内。如果选择 20kHz 开关速率下的 50 个时钟周期，则按 方程式 12 计算软启动时间。

$$t = \frac{1}{f} = \frac{1}{20\text{kHz}} = 50\mu\text{s per clock cycle} \tag{12}$$

按 方程式 13 计算电容器的值。

$$C2 = \frac{\text{soft} - \text{start time}}{R6} = \frac{50\mu\text{s} \times 50 \text{ cycles}}{1\text{k}\Omega} = 2.5\mu\text{F} \tag{13}$$

这有助于消除控制电路在通电时产生的任何错误信号。

8.2.2.2.5 设置死区时间

死区时间控制的主要功能是控制 TL594 器件输出的最短关断时间。死区时间控制输入可提供对死区时间（5% 到 100%）的控制。根据特定的功率晶体管开关定制 TL594 器件，以确保输出晶体管不会经历常见的导通时间。图 8-6 显示了基本功能的偏置电路。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

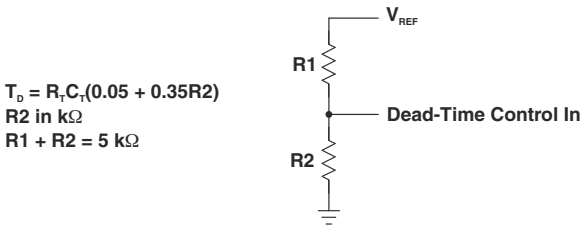


图 8-6. 设置死区时间

8.2.2.3 电感器计算

图 8-7 展示了使用的开关电路。

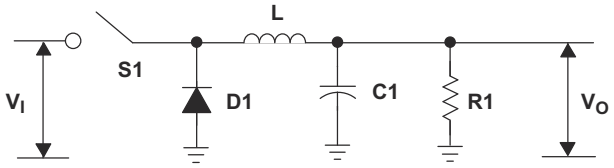


图 8-7. 开关电路

所需电感器 (L) 尺寸为：

$$d = \text{duty cycle} = \frac{V_O}{V_I} = \frac{5V}{32V} = 0.156 \tag{14}$$

$$f = 20\text{kHz (design objective)} \tag{15}$$

$$t_{ON} = \text{time on (S1 closed)} = \left(\frac{1}{f}\right) \times d = 7.8\mu s \tag{16}$$

$$t_{OFF} = \text{time off (S1 open)} = \left(\frac{1}{f}\right) - \text{ton} = 42.2\mu s \tag{17}$$

$$\begin{aligned} L &\approx (V_I - V_O) \times \frac{t_{ON}}{\Delta I_L} \\ &\approx \frac{[(32V - 5V) \times 7.8\mu s]}{1.5A} \\ &\approx 140.4\mu H \end{aligned} \tag{18}$$

8.2.2.4 输出电容计算

计算出滤波电感后，计算输出滤波电容的值以满足输出纹波要求。将电解电容建模为电感、电阻和电容的串联结果。为了提供良好的滤波，纹波频率必须远低于让串联电感变得重要的频率。因此，两个相关组件是电容和有效串联电阻 (ESR)。根据指定的峰-峰值纹波电压和峰-峰值纹波电流之间的关系，按 方程式 19 计算得出最大 ESR。

$$ESR[\max] = \frac{\Delta V_{O[ripple]}}{\Delta I_L} = \frac{V}{1.5A} \cong 0.067\Omega \tag{19}$$

根据 方程式 20，计算将 V_O 纹波电压保持在低于 100mV 设计目标所需的 C3 最小电容。

$$C3 = \frac{\Delta I_L}{8f\Delta V_O} = \frac{1.5A}{8 \times 20 \times 10^3 \times 0.1V} = 94\mu F \tag{20}$$

这种情况下可选择 220mF、60V 电容器，因为它的最大 ESR 为 0.074 Ω，最大纹波电流为 2.8A。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.2.5 晶体管电源开关计算

晶体管电源开关由 NTE153 pnp 驱动晶体管和 NTE331 npn 输出晶体管构成。这两个电源器件以 pnp 混合达林顿电路配置进行连接（请参阅 图 8-8）。

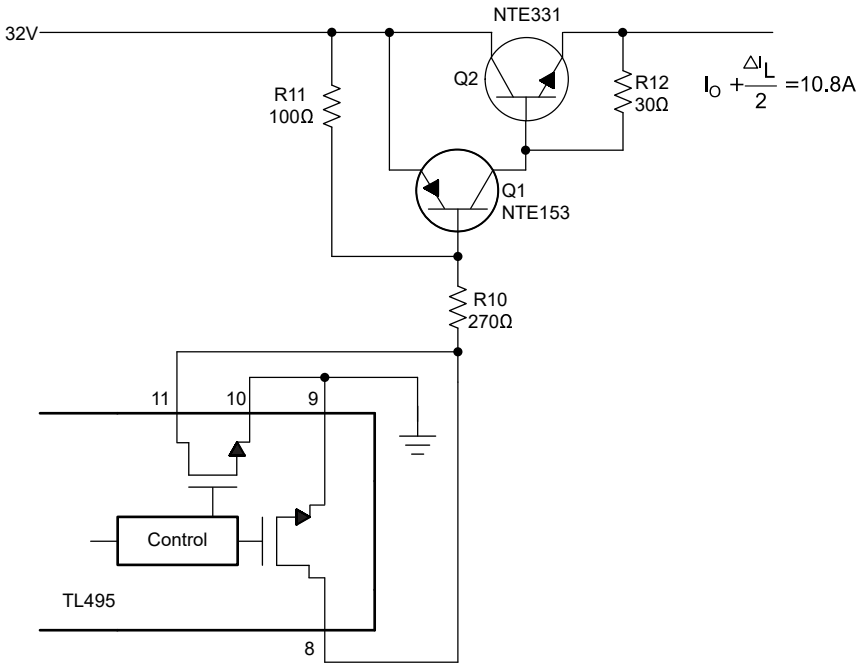


图 8-8. 电源开关部分

使混合达林顿电路在最大输出电流 $I_O + \Delta I_L/2$（即 10.8A）下达到饱和。10.8A 时的达林顿 h_{FE} 必须足够高，不能超过 TL594 的 250mA 最大输出集电极电流。根据已发布的 NTE153 和 NTE331 规格，通过 方程式 21 到 方程式 23 计算出所需的电源开关最小驱动电流为 144mA。

$$h_{FE}[Q1] \text{ at } I_C \text{ of } 3A = 15 \tag{21}$$

$$h_{FE}[Q2] \text{ at } I_C \text{ of } 10.0A = 5 \tag{22}$$

$$i_B \geq \frac{I_O + \frac{I_L}{2}}{h_{FE}[Q2] \times h_{FE}[Q1]} \geq 144mA \tag{23}$$

使用方程式 24 计算 R10 的值。

$$R10 \leq \frac{V_I - [V_{BE}(Q1) + V_{CE}(TL494)]}{i_B} = \frac{32 - [1.5 + 0.7]}{0.144} \tag{24}$$

$$R10 \leq 207\Omega$$

根据这些计算的结果，为 R10 选择的是最接近的标准电阻值 220Ω。电阻 R11 和 R12 在电阻器关闭时允许开关晶体管中的载流子放电。

此处说明的电源展示了 TL594 PWM 控制电路的灵活性。这个电源设计演示了 TL594 提供的许多电源控制方法，以及控制电路的多功能性。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.3 应用曲线

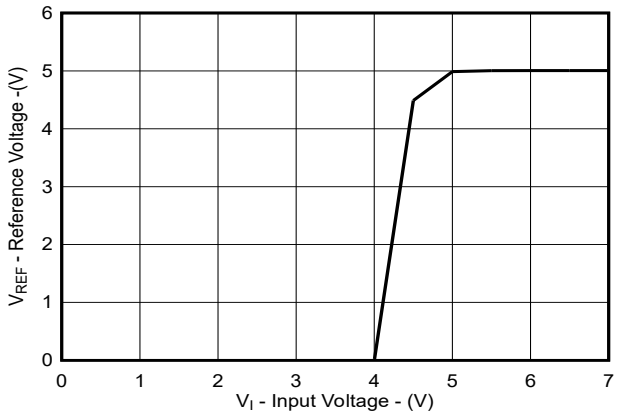


图 8-9. 基准电压与输入电压间的关系

8.3 电源相关建议

TL594 被设计为可在 7V 至 40V 的输入电源电压范围内运行。该输入电源必须经过良好调节。如果输入电源放置距离器件超过几英寸，那么除了陶瓷旁路电容器之外可能还需要额外的大容量电容。典型的选择是容值为 47 µ F 的钽电容器，但是这可能会因输出功率的不同而有所不同。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

始终尝试使用具有铁氧体型闭合磁芯的低 EMI 电感器。例如，可使用环形和封装的 E 磁芯电感器。如果开放磁芯具有低 EMI 特性并且远离低功率迹线和组件，则可使用开放磁芯。如果使用开放磁芯，也要使磁极垂直于 PCB。棒状磁芯通常会发出极不理想的噪声。

8.4.1.1 反馈布线

尽量使反馈布线远离电感器和有噪声的电源布线。为降低阻抗，反馈迹线必须尽可能直且宽。这两者之间有时需要权衡，但两者中更关键的是要使其远离电感器 EMI 和其他噪声源。在 PCB 与电感器相对的一侧铺设反馈迹线，理想情况下，应使用接地平面将两者分开。

8.4.1.2 输入或输出电容器

当使用低值陶瓷输入滤波电容器时，应将其放在尽可能靠近 IC VCC 引脚的位置。这样将尽可能多地消除布线电感效应，并为内部 IC 电压轨提供更干净的电压电源。一些设计还需要使用从输出端连接到反馈引脚的前馈电容器，这通常是为了确保稳定性。因此，请将该器件放置在尽可能靠近 IC 的位置。使用表面贴装电容器还可以减少引线长度，并降低噪声耦合到穿孔元件所形成的有效天线的可能性。

8.4.1.3 补偿器件

请将用于提高稳定性的外部补偿元件放置在靠近 IC 的位置。出于对滤波电容器的相同原因，此处也建议使用表面贴装元件。请勿将表面贴装元件放置在非常靠近电感器的位置。

8.4.1.4 布线和接地平面

使所有电源（大电流）迹线尽可能短且直接，同时尝试尽可能地增加迹线宽度，以实现适当的载流能力。在标准 PCB 板上，最佳做法是使迹线的绝对最小值为每安培 15mil (0.381mm)。电感器、输出电容器和输出二极管必须尽可能彼此靠近。这有助于减少电源布线因通过的高开关电流而辐射的 EMI。这也减少了引线电感和电阻，从而减少了产生电压误差的噪声尖峰、振铃和电阻损耗。

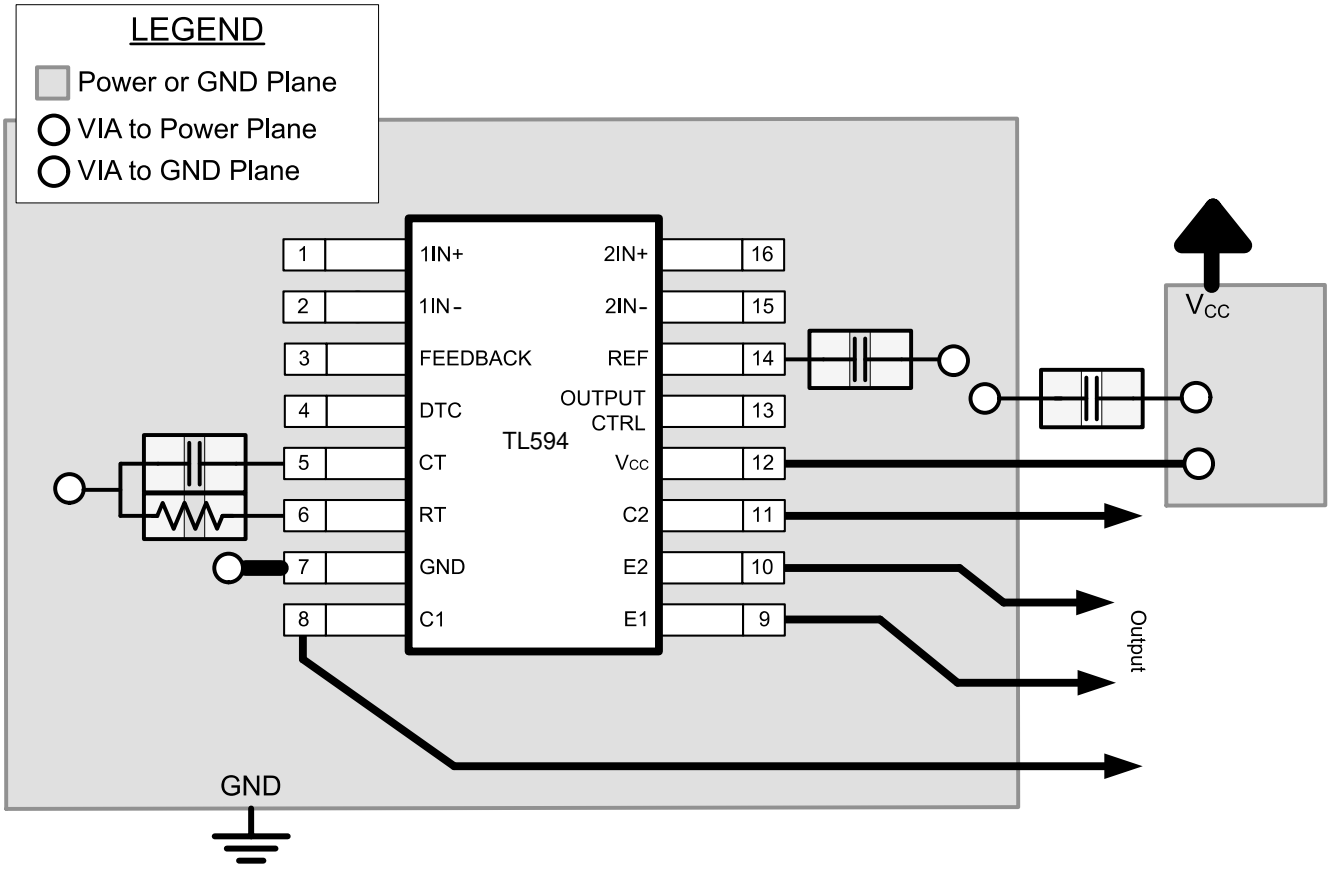
紧密连接 IC、输入电容器、输出电容器和输出二极管（如适用）的接地端，并将其直接连接到接地平面。在 PCB 的两侧都使用接地平面。这还通过减少接地环路误差以及吸收更多电感器辐射的 EMI 来减少噪声。对于超过两层

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

的多层板，可以使用接地平面来将电源平面（电源布线和元件所在的位置）和信号平面（反馈和补偿以及元件所在的位置）分开，以提高性能。

在多层板上，需要使用过孔来连接走线和不同的平面。如果迹线需要将大量电流从一个平面传导到另一个平面，则建议每 200mA 电流使用一个标准过孔。排列组件，使得开关电流环路以同一方向旋转回流。由于开关稳压器的工作方式，有两种电源状态。一种是开关打开时的状态，另一种是开关关闭时的状态。在每个状态下，都有一个由当前导通的电源元件构成的电流环路。放置电源元件时确保在两种状态中的每一种状态下，电流环路都会以相同的方向导通。这可以防止两个半周期之间的布线引起的磁场反转，并减少辐射的 EMI

8.4.2 布局示例



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

图 8-10. TL594 布局示例

9 器件和文档支持

9.1 文档支持

9.1.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

使用 TL494 设计开关电压调节器 (SLVA001)

9.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

9.3 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

9.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.6 术语表

TI 术语表　　本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision I (September 2016) to Revision J (September 2026)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式	1
• 通篇将输出晶体管说明和符号从 BJT 更新为 MOSFET	1
• 删除了 PDIP (16) 封装	1
• 更新了*热性能信息* 表中所有封装的值	4
• 将输出调节典型值从 14mV 更改为 6mV	5
• 将开环电压增益典型值从 95dB 更改为 80dB	5
• 已将共模抑制比典型值从 80dB 更新为 100dB	5
• 将输入偏置电流（死区时间控制）典型值从 -2 µA 更改至 -0.006 µA	5
• 将输入阈值电压（死区时间控制）典型值从 3V 更改至 2.5V	5
• 针对其他测试条件，将输出 C1 关断状态电流典型值从 2 µA 更改为 4 µA，并将 C2 关断状态电流典型值从 4 µA 更改为 2 µA	5
• 将共源极配置中的输出 C1E1、C2E2 饱和电压典型值从 1.1V 更改为 0.5V	5
• 将源极跟随器配置中的输出 C1E1、C2E2 饱和电压典型值从 1.5V 更改为 1.65V	5
• 将输阈值电压典型值从 4V 更改至 3.4V	5

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- 将 VCC = 15V 典型值时的待机电源电流从 9mA 更改为 1.62mA..... 5
- 将 VCC = 40V 典型值时的待机电源电流从 11mA 更改为 1.68mA..... 5
- 将电源电流典型值从 12.4mA 更改为 2.2mA..... 5
- 将共源极配置典型值中的上升时间从 100ns 更改为 70ns..... 6
- 将共源极配置典型值中的下降时间从 30ns 更改为 20ns..... 6
- 将源极跟随器配置中的上升时间典型值从 200ns 更改为 85ns..... 6
- 将源极跟随器配置中的下降时间典型值从 45ns 更改为 35ns..... 6
- 更新了图 5-1 和放大器电压放大倍数与频率间的关系..... 6
- 更新了说明以调整低于 7V 输入电压时的 VREF 行为变化..... 9
- 更新了电感器计算的格式..... 16
- 更新了参考电压与输入电压应用曲线..... 18

Changes from Revision H (January 2014) to Revision I (September 2016) **Page**

- 添加了*应用* 部分、*ESD 等级* 表、*特性说明* 部分、*器件功能模式*、*应用和实施* 部分、*电源相关建议* 部分、*布局* 部分、*器件和文档支持* 部分以及*机械、封装和可订购信息* 部分..... 1
- 将*热性能信息* 表中的值从 73 更改为 73.5 (D)、从 67 更改为 43.5 (N)、从 64 更改为 73.6 (NS) 以及从 108 更改为 101.5 (PW)..... 4

11 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
TL594CD	Obsolete	Production	SOIC (D) | 16	-	-	Call TI	Call TI	0 to 70	TL594C
TL594CDR	Active	Production	SOIC (D) | 16	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU | SN	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL594C
TL594CDR.A	Active	Production	SOIC (D) | 16	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL594C
TL594CDRG4	Obsolete	Production	SOIC (D) | 16	-	-	Call TI	Call TI	0 to 70	TL594C
TL594CN	Active	Production	PDIP (N) | 16	25 | TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL594CN
TL594CN.A	Active	Production	PDIP (N) | 16	25 | TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL594CN
TL594CNE4	Active	Production	PDIP (N) | 16	25 | TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL594CN
TL594CNSR	Active	Production	SOP (NS) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL594
TL594CNSR.A	Active	Production	SOP (NS) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL594
TL594CPW	Obsolete	Production	TSSOP (PW) | 16	-	-	Call TI	Call TI	0 to 70	T594
TL594CPWR	Active	Production	TSSOP (PW) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	T594
TL594CPWR.A	Active	Production	TSSOP (PW) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	T594
TL594CPWRG4	Active	Production	TSSOP (PW) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	T594
TL594ID	Obsolete	Production	SOIC (D) | 16	-	-	Call TI	Call TI	-40 to 85	TL594I
TL594IDR	Active	Production	SOIC (D) | 16	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL594I
TL594IDR.A	Active	Production	SOIC (D) | 16	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL594I
TL594IDRG4	Active	Production	SOIC (D) | 16	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL594I
TL594IN	Active	Production	PDIP (N) | 16	25 | TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	-40 to 85	TL594IN
TL594IN.A	Active	Production	PDIP (N) | 16	25 | TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	-40 to 85	TL594IN
TL594INSR	Active	Production	SOP (NS) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL594I
TL594INSR.A	Active	Production	SOP (NS) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL594I
TL594INSRG4	Active	Production	SOP (NS) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL594I
TL594IPWR	Active	Production	TSSOP (PW) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	Z594
TL594IPWR.A	Active	Production	TSSOP (PW) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	Z594
TL594IPWRG4	Active	Production	TSSOP (PW) | 16	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	Z594

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) Material type: When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) RoHS values: Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) Lead finish/Ball material: Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) MSL rating/Peak reflow: The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) Part marking: There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

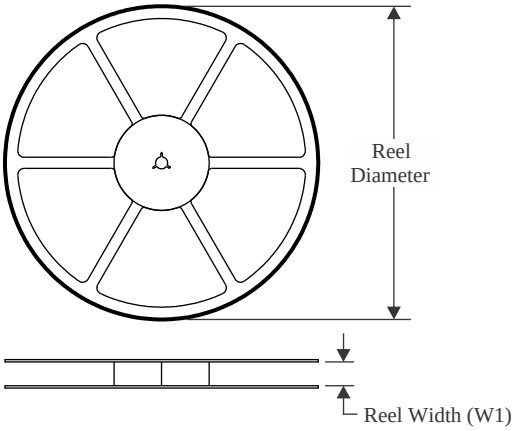
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

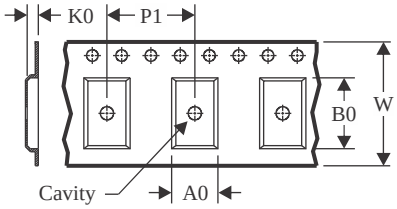
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

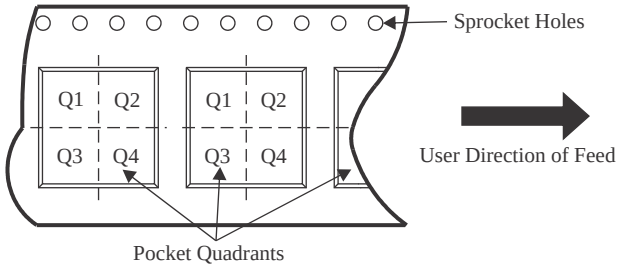


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

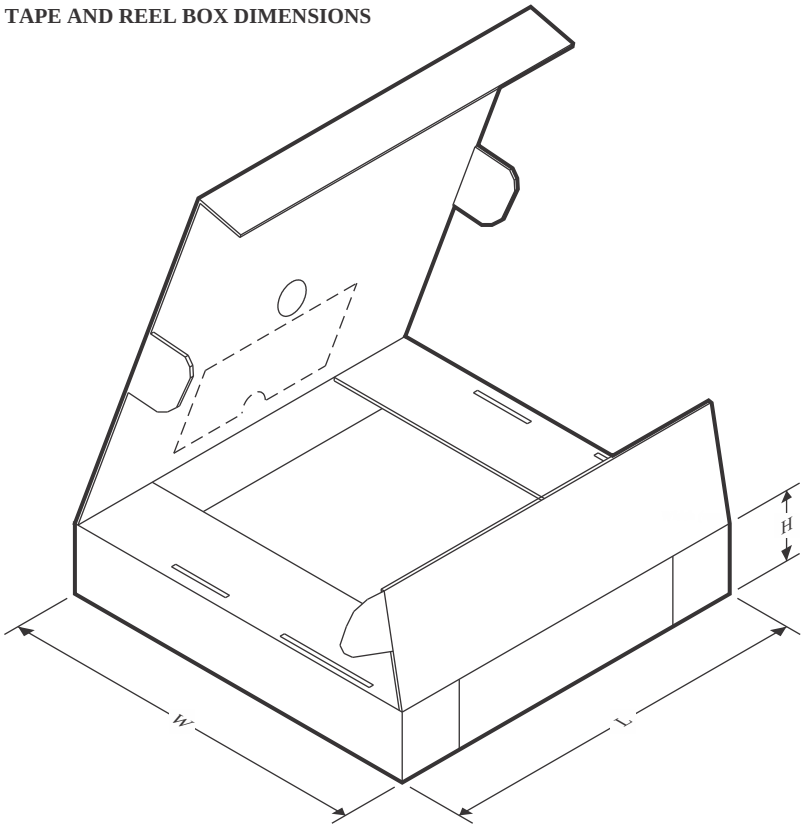
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TL594CDR	SOIC	D	16	2500	330.0	16.4	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1
TL594CNSR	SOP	NS	16	2000	330.0	16.4	8.1	10.4	2.5	12.0	16.0	Q1
TL594CPWR	TSSOP	PW	16	2000	330.0	12.4	6.9	5.6	1.6	8.0	12.0	Q1
TL594IDR	SOIC	D	16	2500	330.0	16.4	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1
TL594INSR	SOP	NS	16	2000	330.0	16.4	8.1	10.4	2.5	12.0	16.0	Q1
TL594IPWR	TSSOP	PW	16	2000	330.0	12.4	6.9	5.6	1.6	8.0	12.0	Q1

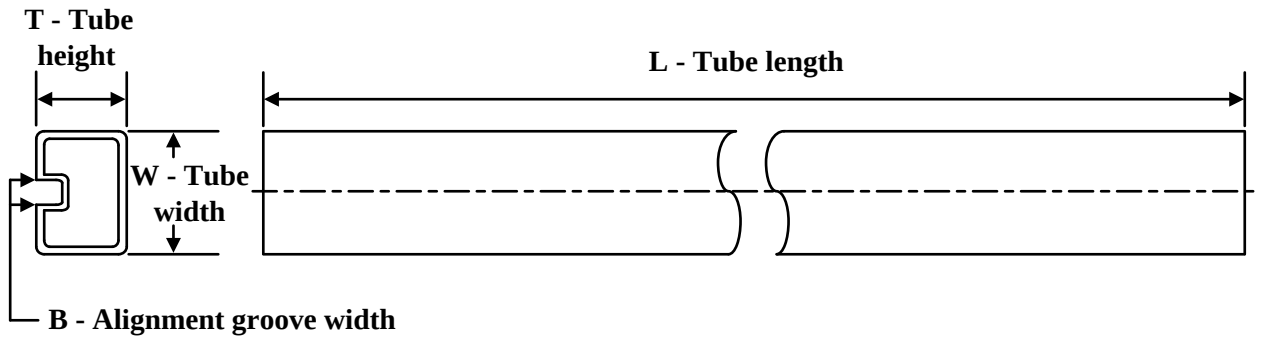
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

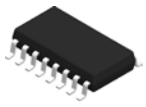
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TL594CDR	SOIC	D	16	2500	353.0	353.0	32.0
TL594CNSR	SOP	NS	16	2000	353.0	353.0	32.0
TL594CPWR	TSSOP	PW	16	2000	353.0	353.0	32.0
TL594IDR	SOIC	D	16	2500	353.0	353.0	32.0
TL594INSR	SOP	NS	16	2000	353.0	353.0	32.0
TL594IPWR	TSSOP	PW	16	2000	353.0	353.0	32.0

TUBE



*All dimensions are nominal

Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	L (mm)	W (mm)	T (µm)	B (mm)
TL594CN	N	PDIP	16	25	506	13.97	11230	4.32
TL594CN	N	PDIP	16	25	506	13.97	11230	4.32
TL594CN.A	N	PDIP	16	25	506	13.97	11230	4.32
TL594CN.A	N	PDIP	16	25	506	13.97	11230	4.32
TL594CNE4	N	PDIP	16	25	506	13.97	11230	4.32
TL594CNE4	N	PDIP	16	25	506	13.97	11230	4.32
TL594IN	N	PDIP	16	25	506	13.97	11230	4.32
TL594IN.A	N	PDIP	16	25	506	13.97	11230	4.32

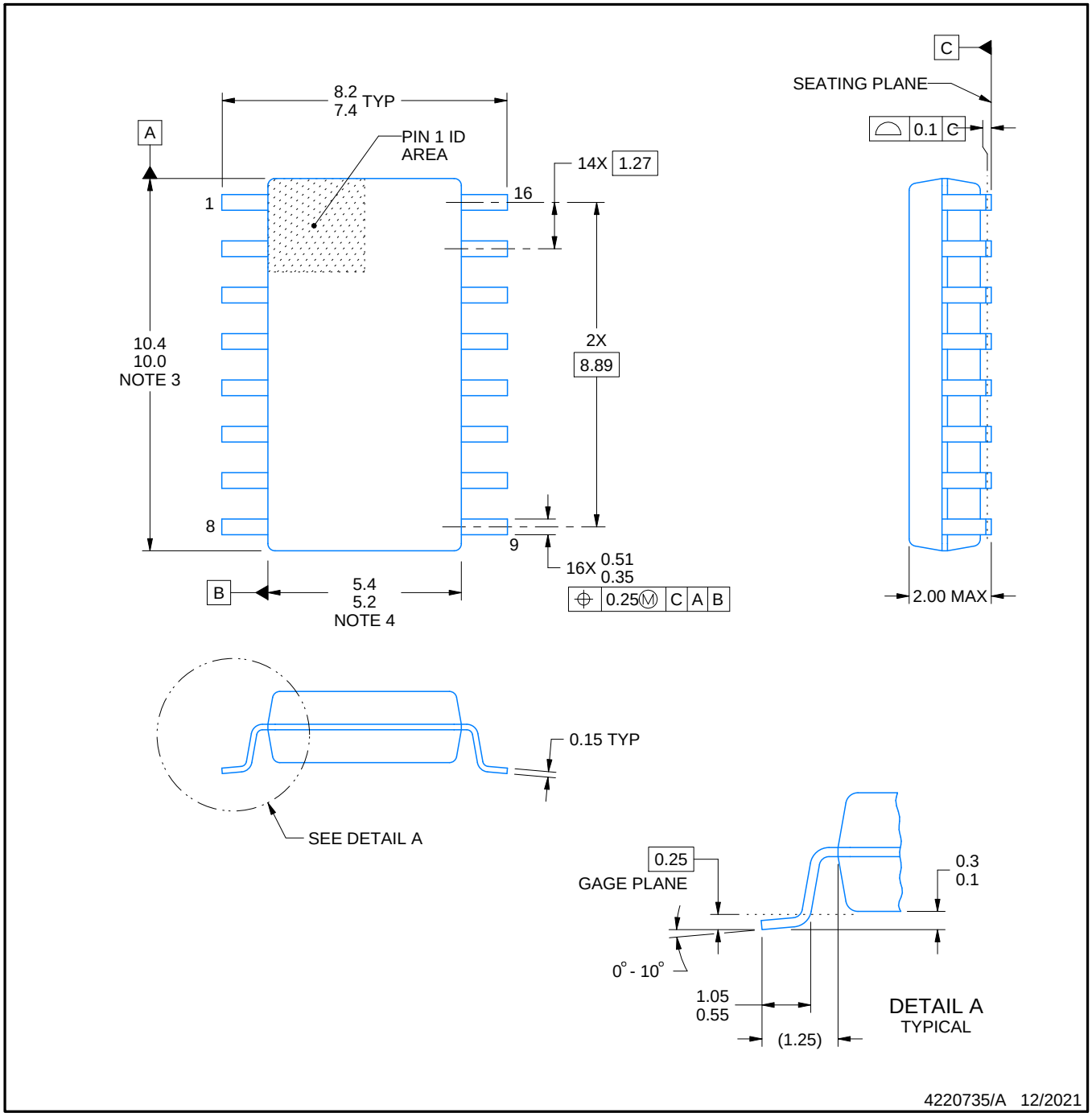


PACKAGE OUTLINE

NS0016A

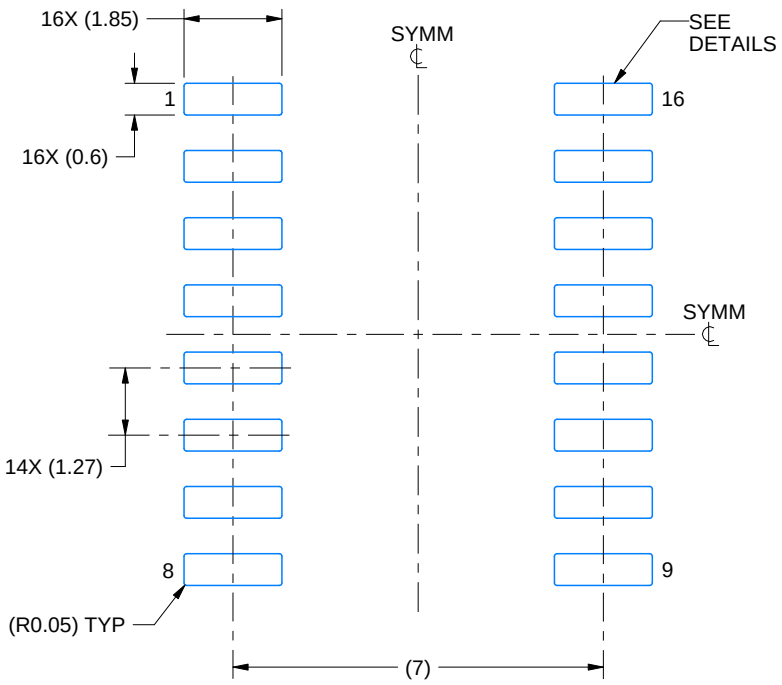
SOP - 2.00 mm max height

SOP

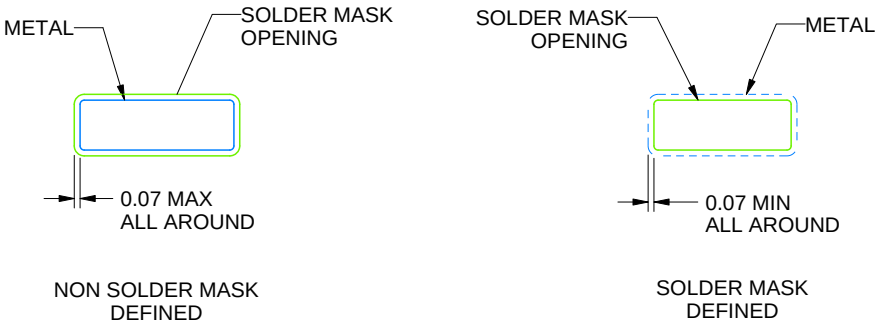


NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm, per side.
4. This dimension does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.25 mm, per side.



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:7X



NON SOLDER MASK
DEFINED

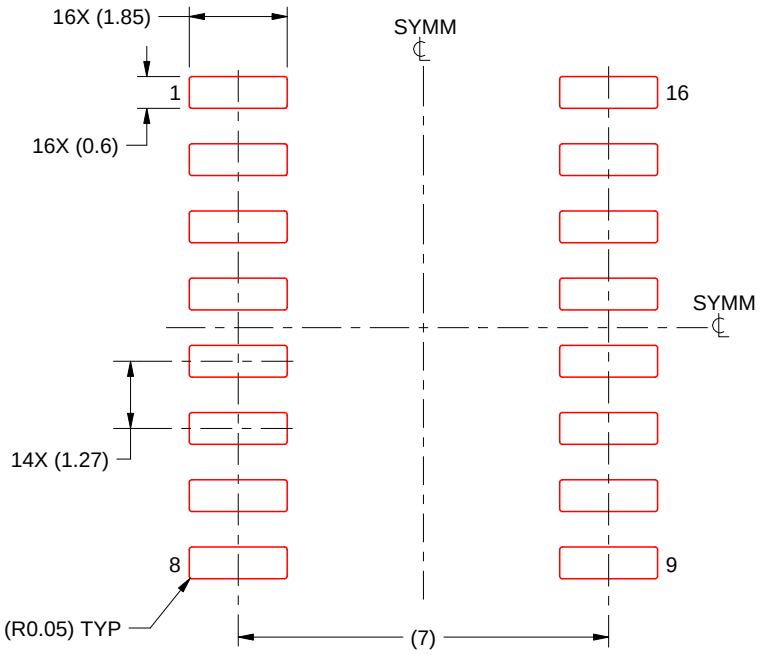
SOLDER MASK
DEFINED

SOLDER MASK DETAILS

4220735/A 12/2021

NOTES: (continued)

5. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
6. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.



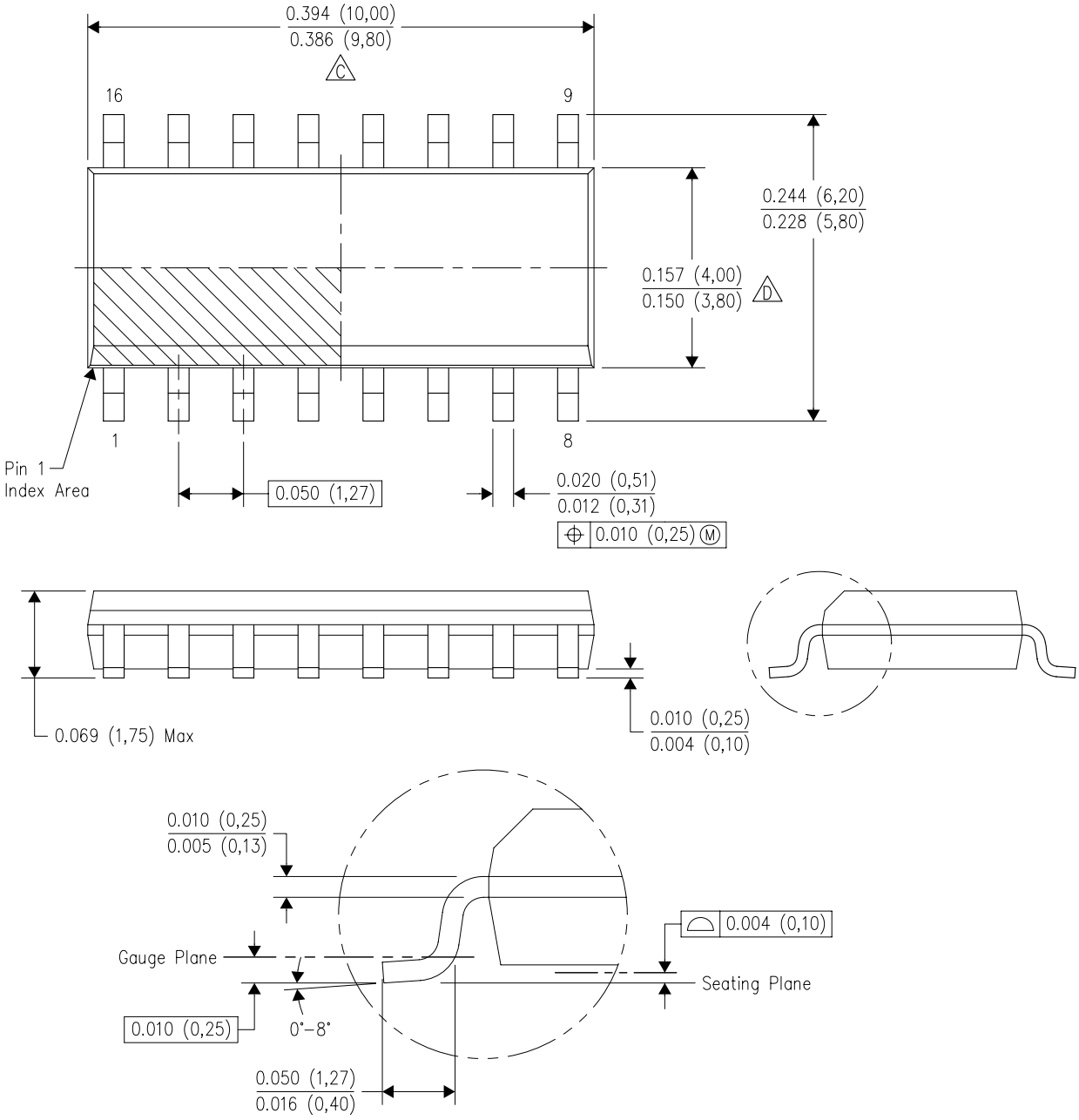
SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE:7X

4220735/A 12/2021

NOTES: (continued)

7. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
8. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

D (R–PDSO–G16) PLASTIC SMALL OUTLINE



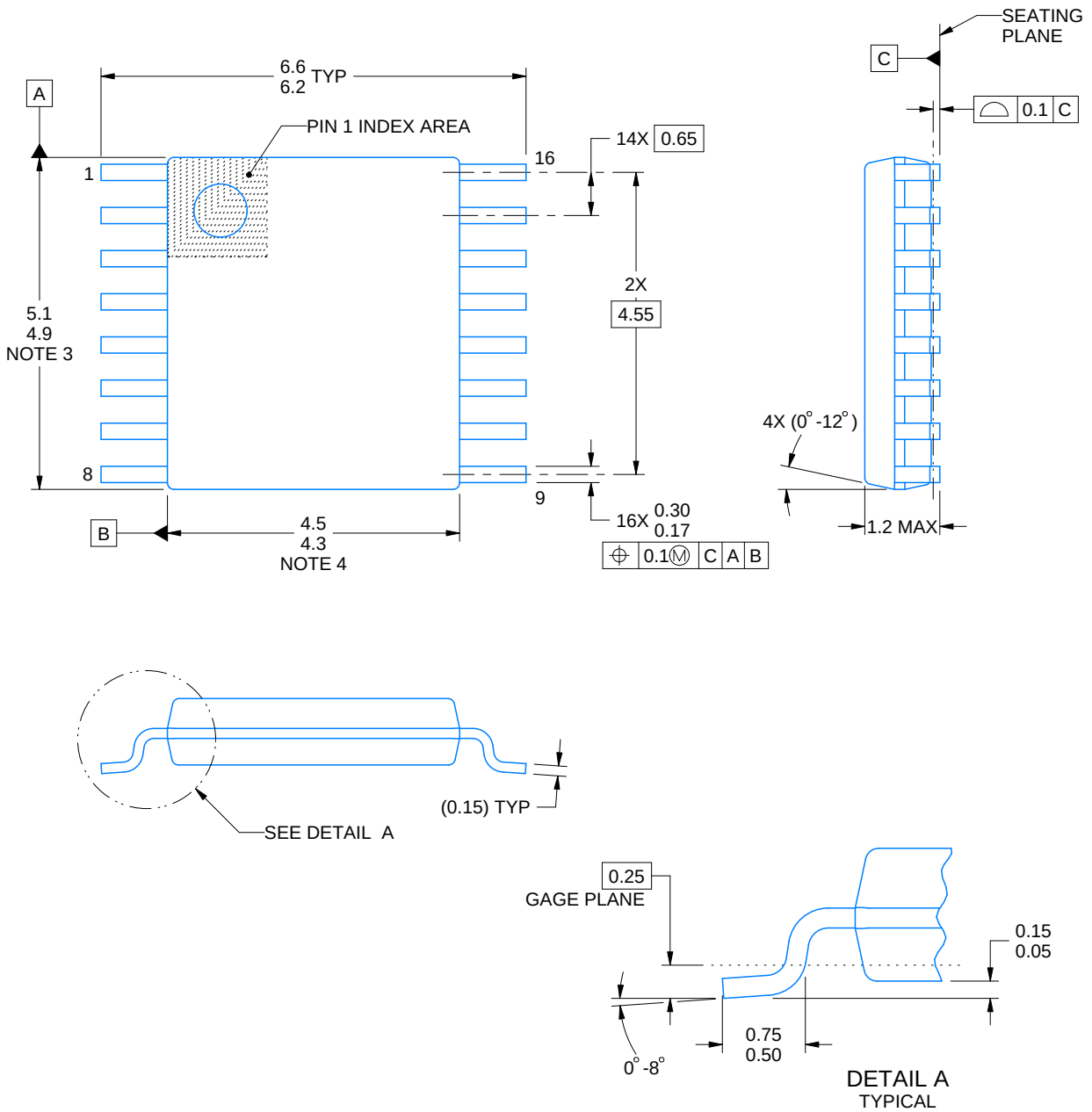
NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Body length does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.006 (0,15) each side.
D. Body width does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.017 (0,43) each side.
E. Reference JEDEC MS–012 variation AC.

PACKAGE OUTLINE

PW0016A

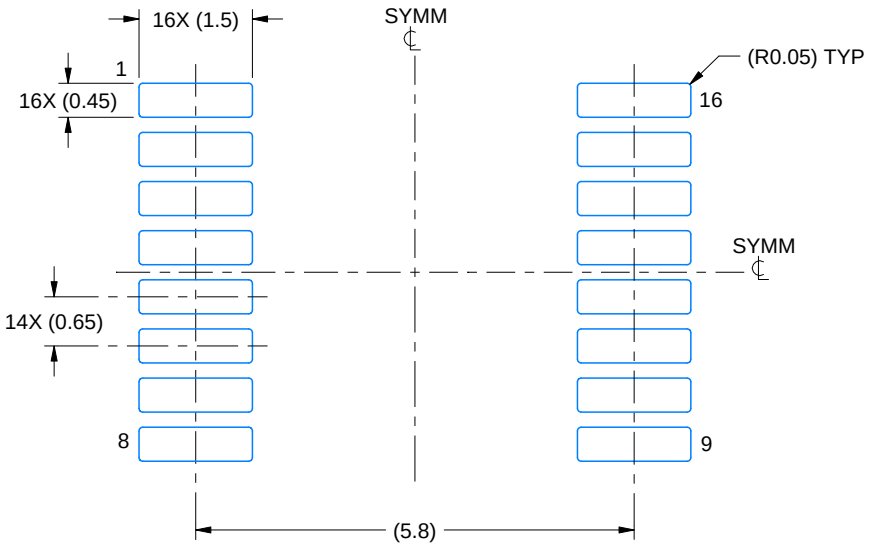
TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. This dimension does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.25 mm per side.
5. Reference JEDEC registration MO-153.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 10X

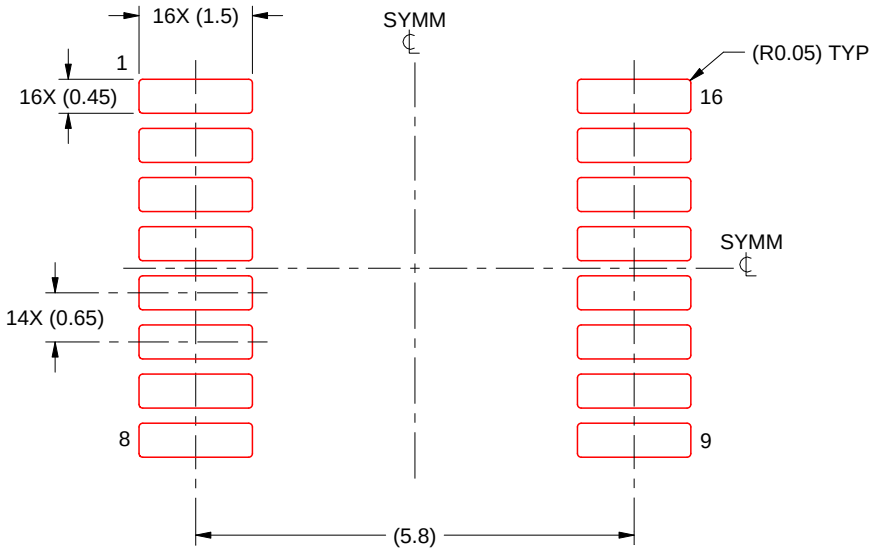


SOLDER MASK DETAILS

4220204/B 12/2023

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 10X

4220204/B 12/2023

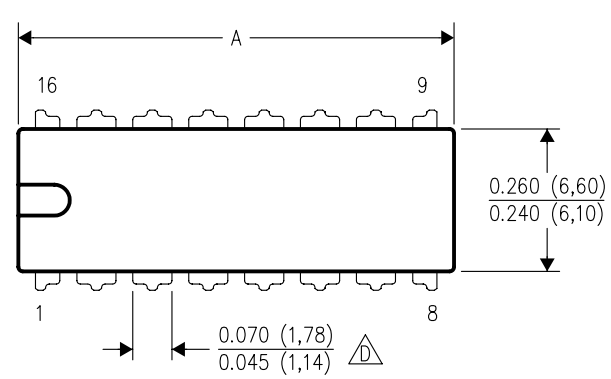
NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

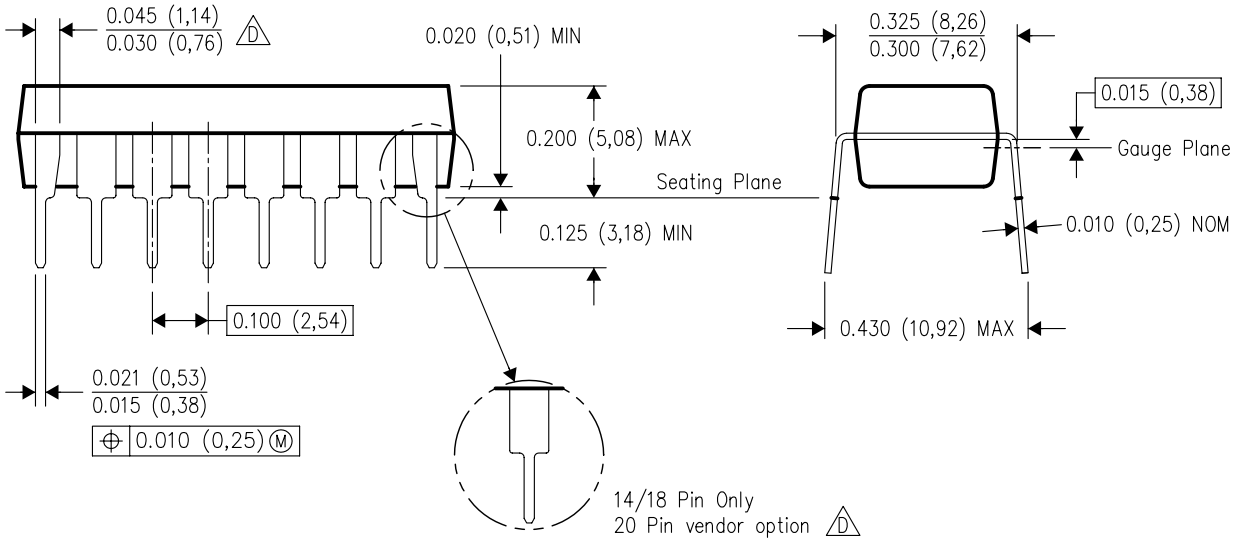
N (R–PDIP–T**)

PLASTIC DUAL–IN–LINE PACKAGE

16 PINS SHOWN



DIM \ PINS **	14	16	18	20
A MAX	0.775 (19,69)	0.775 (19,69)	0.920 (23,37)	1.060 (26,92)
A MIN	0.745 (18,92)	0.745 (18,92)	0.850 (21,59)	0.940 (23,88)
MS–001 VARIATION (C)	AA	BB	AC	AD



4040049/E 12/2002

NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Falls within JEDEC MS–001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
D. The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月